

PAT-NO: JP02001102323A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001102323 A
TITLE: METHOD FOR MANUFACTURING LASER-ANNEALING APPARATUS AND
THIN-FILM
PUBN-DATE: April 13, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NISHITANI, TERU	N/A
YAMAMOTO, MUTSUMI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD	N/A

APPL-NO: JP11278688

APPL-DATE: September 30, 1999

INT-CL (IPC): H01L021/268, H01L021/20

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To overcome drawbacks characteristics during crystallization process due to difference in characteristics of polycrystalline semiconductor layer caused by fluctuation in irradiated energy of laser beam, when magnitude of irradiated laser beam to produced amorphous semiconductor film is deviated film a predetermined level, and when distribution of laser beam intensity varies positionally.

SOLUTION: Measuring accuracy can be improved and measurement mechanism and feedback control can be introduced on a real-time basis, by modifying laser-annealing apparatus in magnitude of laser intensity and in position and method for measuring laser profile.

— COPYRIGHT: (C)2001, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-102323
(P2001-102323A)

(43) 公開日 平成13年4月13日 (2001.4.13)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 1 L 21/268		H 0 1 L 21/268	T 5 F 0 5 2
21/20		21/20	

審査請求 未請求 請求項の数24 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平11-278688

(22) 出願日 平成11年9月30日 (1999.9.30)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 西谷 輝

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 山本 睦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

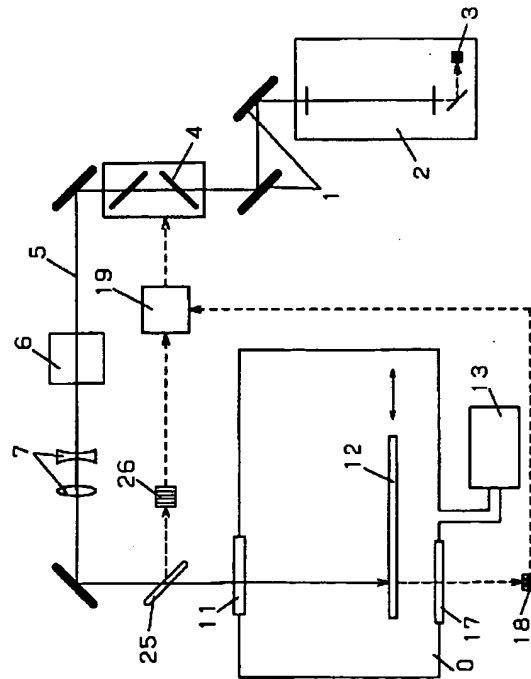
Fターム(参考) 5F052 AA02 BA18 BB07 CA07 DA02
DB02 DB03 EA11 EA15 EA16
JA01

(54) 【発明の名称】 レーザアニール装置および薄膜トランジスタの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 結晶化工程において、レーザ光の照射エネルギー密度の強弱により、形成される多結晶半導体膜の特性が異なり、実際に非晶質半導体膜に照射されるレーザ光の強度が設定値からのズレた場合に半導体膜の特性差が生じる。また、レーザ光のエネルギー密度はレーザ光の強度のみでは決定せず、レーザ光強度の場所的分布の変動によっても半導体膜の特性差が生じる。

【解決手段】 レーザアニール装置にレーザ強度とプロファイル測定的位置と方法を変更することにより、測定精度を向上し、また、リアルタイムに測定する機構およびフィードバック制御を導入した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 非結晶質半導体膜に対しレーザ光を照射し、結晶質半導体膜を形成するレーザアニール装置であって、レーザ光を折り返すミラーとして、レーザ光の強度の一定の割合を透過するミラーを用い、ミラーを透過したレーザ光の強度を測定する機構を具備することを特徴とするレーザアニール装置。

【請求項2】 非結晶質半導体膜に対しレーザ光を照射し、結晶質半導体膜を形成するレーザアニール装置であって、レーザ光の光路に入射光の一部を反射するを設置し、ミラーを反射したレーザ光の強度を測定する機構を具備することを特徴とするレーザアニール装置。

【請求項3】 非結晶質半導体膜に対しレーザ光を照射し、結晶質半導体膜を形成するレーザアニール装置であって、レーザ光を照射する基板周辺の雰囲気や圧力を大気以外にするためのチャンバを具備し、チャンバへのレーザ光入射ウィンドウの直前においてレーザ光の強度を測定する機構を有することを特徴とするレーザアニール装置。

【請求項4】 非結晶質半導体膜に対しレーザ光を照射し、結晶質半導体膜を形成するレーザアニール装置であって、レーザ光を照射する基板周辺の雰囲気や圧力を大気以外にするためのチャンバを具備し、チャンバ内部にレーザ光の強度測定機構を有することを特徴とするレーザアニール装置。

【請求項5】 非結晶質半導体膜に対しレーザ光を照射し、結晶質半導体膜を形成するレーザアニール装置であって、レーザ光を照射する基板周辺の雰囲気や圧力を大気以外にするためのチャンバとレーザ光がチャンバ内に入射するためのウィンドウと入射したレーザ光をチャンバ外に取り出すウィンドウを具備し、レーザ光がチャンバを通り抜けた位置にレーザ光の強度を測定する機構を有することを特徴とするレーザアニール装置。

【請求項6】 非結晶質半導体膜を成膜した基板に対しレーザ光を照射し、結晶質半導体膜を形成するレーザアニール装置であって、基板を透過したレーザ光の強度を測定する機構を有することを特徴とするレーザアニール装置。

【請求項7】 請求項6に記載のレーザアニール装置であって、レーザ照射時に基板を設置する台の全部または一部が、光を透過する材質により構成されていることを特徴とするレーザアニール装置。

【請求項8】 非結晶質半導体膜を成膜した基板に対しレーザ光を照射し、結晶質半導体膜を形成するレーザアニール装置であって、基板から反射したレーザ光の強度を測定する機構を有することを特徴とするレーザアニール装置。

【請求項9】 請求項1から8のいずれかに記載のレーザアニール装置であって、レーザ光の測定値が一定の範囲内になるようにレーザ光の照射強度を調整する機構を

具備するレーザアニール装置。

【請求項10】 請求項1から9のいずれかに記載のレーザアニール装置であって、基板に対してレーザ光を照射中にレーザ光の測定値が一定の範囲を逸脱しないように照射強度を調整するフィードバック制御機構を具備するレーザアニール装置。

【請求項11】 非結晶質半導体膜に対しレーザ光を照射し、結晶質半導体膜を形成するレーザアニール装置であって、レーザ光を照射する基板周辺の雰囲気や圧力を大気以外にするためのチャンバとレーザ光の場所的な強度プロファイルを測定する機構を具備し、プロファイル測定機構がチャンバ内部に設置されていることを特徴とするレーザアニール装置。

【請求項12】 非結晶質半導体膜に対しレーザ光を照射し、結晶質半導体膜を形成するレーザアニール装置であって、レーザ光を照射する基板周辺の雰囲気や圧力を大気以外にするためのチャンバとレーザ光がチャンバ内に入射するためのウィンドウと入射したレーザ光をチャンバ外に取り出すウィンドウを具備し、レーザ光の場所的な強度プロファイルを測定する機構を具備し、プロファイル測定機構がチャンバを通り抜けた位置に設置されていることを特徴とするレーザアニール装置。

【請求項13】 非結晶質半導体膜に対しレーザ光を照射し、結晶質半導体膜を形成するレーザアニール装置であって、レーザ光の場所的な強度プロファイルを測定する機構を具備し、プロファイル測定機構がレーザ光が照射される基板の直前に設置されていることを特徴とするレーザアニール装置。

【請求項14】 非結晶質半導体膜に対しレーザ光を照射し、結晶質半導体膜を形成するレーザアニール装置であって、レーザ光の場所的な強度プロファイルを測定する機構を具備し、プロファイル測定機構を、照射される基板の上面と同一の場所に設置することを特徴とするレーザアニール装置。

【請求項15】 非結晶質半導体膜に対しレーザ光を照射し、結晶質半導体膜を形成するレーザアニール装置であって、レーザ光の場所的な強度プロファイルを測定する機構を具備し、プロファイル測定機構が、実際に基板を照射するときの周波数と同一の周波数のレーザ光を用いてプロファイルを測定することを特徴とするレーザアニール装置。

【請求項16】 請求項11から15のいずれかに記載のレーザアニール装置であって、プロファイル測定機構が、実際に基板を照射している最中にプロファイルを測定することが可能であることを特徴とするレーザアニール装置。

【請求項17】 請求項11から16のいずれかに記載のレーザアニール装置であって、プロファイル測定機構により測定された情報を用いて自動的にレーザ光のエネルギー密度を計算し、自動的にレーザ光のエネルギー密

度が一定の範囲内になるようにレーザー光の照射強度を調整する機構またはレーザー光のビーム幅を調整する機構を具備するレーザーアニール装置。

【請求項18】 請求項17に記載のレーザーアニール装置であって、基板へレーザー光を照射中にプロファイルを測定し、レーザー光の強度や幅をフィードバック制御することを特徴とするレーザーアニール装置。

【請求項19】 請求項10または18に記載のレーザーアニール装置であって、レーザー光の照射強度またはエネルギー密度の調整方法として、レーザー光減衰板の角度を調整する、またはレーザー装置の電極間電圧を調整することを特徴とするレーザーアニール装置。

【請求項20】 請求項1から19のいずれかに記載のレーザーアニール装置を用いて半導体薄膜を形成する工程を有することを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項21】 ガラス等の光を透過する材質の基板上に非結晶質半導体膜を成膜する工程と、非結晶質半導体膜を部分的に取り去るまたは膜厚を変化させる工程と、非結晶質半導体膜に対しレーザー光を照射し、結晶質半導体膜を形成する結晶化工程を有し、基板を透過したレーザー光の強度またはプロファイルを測定し、レーザー光の照射強度または幅を調整する結晶化工程を用いることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項22】 請求項20または21に記載の薄膜トランジスタの製造方法であって、非結晶質半導体膜を部分的に取り去るまたは膜厚を変化させる部分が、薄膜トランジスタを形成する部分以外の場所であることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項23】 ガラス等の光を透過する材質の基板上に非結晶質半導体膜を成膜する工程と、非結晶質半導体膜に対しレーザー光を照射し、結晶質半導体膜を形成する結晶化工程を有し、非結晶質半導体膜を成膜する工程において、基板周辺部には非結晶質半導体膜を成膜しない領域を残し、かつ前記の基板周辺部を透過したレーザー光の強度またはプロファイルを測定し、レーザー光の照射強度または幅を調整する結晶化工程を用いることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項24】 請求項20から23のいずれかに記載の薄膜トランジスタの製造方法であって、基板を透過したレーザー光の強度またはプロファイルを測定し、レーザー光の測定値が一定の範囲内になるように照射強度や幅を調整するフィードバック制御を行なう結晶化工程を用いることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は薄膜トランジスタの製造方法および半導体膜のレーザーアニール装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 薄膜トランジスタ(TFT)の半導体膜の製造方法として、ガラス等の基板に成膜された非晶質半導体膜に対しレーザー光を照射し、熔融、結晶化させ、結晶質半導体膜を得るレーザーアニール法が使用されている。通常、これを結晶化工程と呼ぶ。レーザーの光源として、アルゴンレーザー、KrFおよびXeClエキシマレーザーが一般に使用されている。

【0003】 また、レーザー光の照射エネルギー密度の強弱により、形成される多結晶半導体膜の特性が異なる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記の結晶化工程において、レーザー光の照射エネルギー密度の強弱により、形成される多結晶半導体膜の特性が異なり、実際に非晶質半導体膜に照射されるレーザー光の強度が設定値からのズレた場合に半導体膜の特性差が生じる。前記半導体膜を用いてTFTおよび液晶ディスプレイを作製した場合に、前記特性差から動作不良や画面輝度ムラ等不具合を生じるので、半導体膜の特性差を無視することはできない(図1)。また、レーザー光のエネルギー密度はレーザー光の強度のみでは決定せず、レーザー光強度の場所的分布(ビームプロファイル)の変動によっても上記の半導体膜の特性差が生じる。

【0005】

【課題を解決するための手段】 レーザーアニール装置に詳細にレーザー強度とプロファイルを測定する機構を導入した。また、レーザー強度とプロファイルをフィードバック制御し、レーザー強度とレーザー光の幅をコントロールすることにより、非晶質半導体膜に照射されるレーザー光のエネルギー密度の設定値からのズレを大幅に減少させた。これにより、TFT特性が安定し、製造の歩留まりが向上した。詳細を下記に記す。

【0006】 非結晶質半導体膜に対しレーザー光を照射し、結晶質半導体膜を形成するレーザーアニール装置を以下のように改良した。

【0007】 (請求項1) レーザ光を折り返すミラーとして、レーザー光の強度の一定の割合を透過するミラーを用い、ミラーを透過したレーザー光の強度を測定する機構を設けることにより、レーザー照射強度の変動を測定できるようになり、照射されるレーザー光のエネルギー密度の設定値からのズレを減少させた。

【0008】 (請求項2) レーザ光の光路に入射光の一部を反射するを設置し、ミラーを反射したレーザー光の強度を測定する機構を設けることにより、レーザー照射強度の変動を測定できるようになり、照射されるレーザー光のエネルギー密度の設定値からのズレを減少させた。

【0009】 (請求項3) チャンバへのレーザー光入射ウインドウの直前においてレーザー光の強度を測定する機構を設けることにより、レーザー照射強度の変動を測定できるようになり、照射されるレーザー光のエネルギー密度の設定値からのズレを減少させた。また、照射強度の測定

が正確になった。

【0010】(請求項4)チャンバ内部にレーザ光の強度測定機構を設けることにより、レーザ照射強度の変動を測定できるようになり、照射されるレーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを減少させた。また、照射強度の測定が正確になった。

【0011】(請求項5)チャンバ内に入射したレーザ光をチャンバ外に取り出すウィンドを具備し、レーザ光がチャンバを通り抜けた位置にレーザ光の強度を測定する機構を設けることにより、レーザ照射強度の変動を測定できるようになり、照射されるレーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを減少させた。また、照射強度の測定が正確になった。

【0012】(請求項6)基板を透過したレーザ光の強度を測定する機構を設けることにより、レーザ照射強度の変動を測定できるようになり、照射されるレーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを減少させた。また、照射強度の測定が正確になった。また、実際の照射中の強度が測定できるようになった。

【0013】(請求項7)請求項6に記載のレーザアニール装置であって、レーザ照射時に基板を設置する台の全部または一部が、たとえば石英やガラスなどの光を透過する材質により構成されているレーザアニール装置を用いることにより、基板を透過したレーザ光の強度を測定すること、および実際の照射中の強度が測定することが容易になった。

【0014】(請求項8)基板から反射したレーザ光の強度を測定する機構を設けることにより、レーザ照射強度の変動を測定できるようになり、照射されるレーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを減少させた。また、照射強度の測定が正確になり、実際の照射中の強度が測定できるようになった。さらに装置の構造が単純になった。

【0015】(請求項9)請求項1から8に記載のレーザアニール装置であって、レーザ光の測定値が一定の範囲内になるようにレーザ光の照射強度を調整する機構、たとえば光減衰板の角度を調整する機構を設けることにより、照射強度の調整がすばやく行なえるようになり、また、人が作業および判断することによる不確かさが排除され、レーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを大幅に減少させ、また工程時間を短縮させた。

【0016】(請求項10)請求項1から9に記載のレーザアニール装置であって、レーザ光の測定値が一定の範囲内になるように照射強度を調整するフィードバック制御機構を設けることにより、レーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを大幅に減少させた。

【0017】(請求項11)プロファイル測定機構がチャンバ内部に設けることにより、プロファイル測定の精度が向上し、レーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを減少させた。

【0018】(請求項12)チャンバに入射したレーザ光をチャンバ外にウィンドを通して取り出した位置にレーザ光の場所的な強度プロファイルを測定する機構を設けることにより、強度プロファイルの測定精度が増し、レーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを大幅に減少させた。

【0019】(請求項13)レーザ光が照射される基板の直前に、レーザ光の場所的な強度プロファイルを測定する機構を設けることにより、強度プロファイルの測定精度が増し、レーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを大幅に減少させた。

【0020】(請求項14)照射される基板の上面と同一の場所に、レーザ光の場所的な強度プロファイルを測定する機構を設置することにより、強度プロファイルの測定精度が増し、レーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを大幅に減少させた。

【0021】(請求項15)実際に基板を照射するときの周波数と同一の周波数のレーザ光を用いるプロファイル測定機構を設けることにより、強度プロファイルの測定精度が増し、レーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを大幅に減少させた。

【0022】(請求項16)請求項11から15に記載のレーザアニール装置であって、実際に基板を照射している最中にプロファイルを測定することが可能であるプロファイル測定機構を設けることにより、強度プロファイルの測定精度が増し、レーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを大幅に減少させた。

【0023】(請求項17)請求項11から16に記載のレーザアニール装置であって、プロファイル測定機構により測定された情報、たとえばビーム幅あるいはビーム半値幅を用いて自動的にレーザ光のエネルギー密度を計算し、自動的にレーザ光のエネルギー密度が一定の範囲内になるようにレーザ光の照射強度を調整する機構たとえば光減衰板の角度を調整する機構、またはレーザ光のビーム幅を調整する機構たとえばスリット幅を調整する機構を設けることにより、照射エネルギー密度の調整がすばやく行なえるようになり、また、人が作業および判断することによる不確かさが排除され、レーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを大幅に減少させ、また工程時間を短縮させた。

【0024】(請求項18)請求項17に記載のレーザアニール装置であって、基板へレーザ光を照射中にプロファイルを測定し、レーザ光の強度や幅をフィードバック制御することにより、レーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを大幅に減少させた。

【0025】(請求項19)請求項10および18に記載のレーザアニール装置であって、照射強度の調整方法として、レーザ光減衰板の角度を調整する、またはレーザ装置の電極間電圧を調整することを特徴とするレーザアニール装置。

【0026】(請求項20)請求項1から19に記載のレーザアニール装置を用いて半導体薄膜を形成する工程を有することを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法を用いることにより、薄膜トランジスタの特性バラツキが減少し、製造歩留まりが減少した。

【0027】(請求項21)ガラス等の光を透過する材質の基板上に非結晶質半導体膜を成膜する工程と、非結晶質半導体膜を部分的に取り去るまたは膜厚を変化させる工程と、非結晶質半導体膜に対しレーザ光を照射し、結晶質半導体膜を形成する結晶化工程を有し、基板を透過したレーザ光の強度またはプロファイルを測定し、レーザ光の照射強度または幅を調整する結晶化工程を用いることを特徴とする薄膜トランジスタの製造方法を用いることにより、薄膜トランジスタの特性バラツキが減少し、製造歩留まりが減少した。

【0028】(請求項22)請求項20および21に記載の薄膜トランジスタの製造方法であって、非結晶質半導体膜を部分的に取り去るまたは膜厚を変化させる部分が、薄膜トランジスタを形成する部分以外の場所である薄膜トランジスタの製造方法を用いた。これにより、トランジスタ部はパターン無しの非結晶質半導体膜に対してレーザ照射できるので、高特性の薄膜トランジスタを作製することができる。加えて、レーザ照射強度調整を行なうので、薄膜トランジスタの特性バラツキが減少し、製造歩留まりが減少した。

【0029】(請求項23)ガラス等の光を透過する材質の基板上に非結晶質半導体膜を成膜する工程と、非結晶質半導体膜に対しレーザ光を照射し、結晶質半導体膜を形成する結晶化工程を有し、非結晶質半導体膜を成膜する工程において、基板周辺部には非結晶質半導体膜を成膜しない領域を残し、かつ前記の基板周辺部を透過したレーザ光の強度またはプロファイルを測定し、レーザ光の照射強度または幅を調整する結晶化工程を用いる薄膜トランジスタの製造方法を用いることにより、請求項21および22と同じ効果がレーザアニール工程の前のフォトリソおよびエッチング工程無しで実現できる。

【0030】(請求項24)請求項20から23に記載の薄膜トランジスタの製造方法であって、基板を透過したレーザ光の強度またはプロファイルを測定し、レーザ光の測定値が一定の範囲内になるように照射強度や幅を調整するフィードバック制御を行なう結晶化工程を用いる薄膜トランジスタの製造方法を用いることにより、薄膜トランジスタの特性バラツキが大幅に減少し、製造歩留まりがさらに減少した。

【0031】レーザアニール装置に詳細にレーザ強度とプロファイルを測定する機構を導入した。また、レーザ強度とプロファイルをフィードバック制御し、レーザ強度とレーザ光の幅をコントロールすることにより、非結晶質半導体膜に照射されるレーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを大幅に減少させた。これにより、TF

T特性が安定し、製造の歩留まりが向上する。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。なお半導体膜としては、Si、GeのIV族半導体が主に用いられるが、GaAs等のIII-V半導体、ZnSe等のII-VI半導体を用いても、半発明の半導体結晶化方法が同様に有効であることを確認したが、以下に示す実施の形態においては、もっとも一般的であるシリコンを例に挙げて説明を行う。

【0033】以下の実施の形態において、種々のパワーモニタを用いてレーザパワーの測定を行なうが、この際に注意しなければならないのは、パワーモニタが熱的に安定するまで、測定値が変動するので、パワーモニタに対して十分にレーザ光を照射した後にレーザパワーを測定することが必要である。また、予熱する時間が十分に取れない場合は、十分な予熱には短い時間、たとえば30秒と予熱時間を規定して測定すると、絶対的にはやや低めの値を示すが、比較的安定した測定が可能である。このパワーモニタの測定方法は、本特許のすべてのパワーモニタによるパワー測定において同様の運用をする必要がある。

【0034】パワーモニタは光量を測定する装置であり、本発明では主に熱量計を用いたが、フォトダイオード等他の種類のパワーモニタを用いることもできる。

【0035】(実施の形態1)以下本発明の実施の形態1におけるレーザアニール装置について説明する。

【0036】まず、光透過性を有する基板としてのガラス基板上に、ガラスからの不純物を防ぐ目的で、たとえばTEOS CVD法により膜厚300nmのSiO₂下地膜を成膜する。なお、この下地膜の膜厚は300nmに限らず、種々の設定が可能である。

【0037】次にプラズマCVD法により、たとえば膜厚が50nmの非晶質Si膜を成膜する。なお、この非晶質Si膜の成膜にあたっては、減圧CVD法を用いても良く、上記非晶質Si膜の膜厚は50nmに限らず種々の設定が可能である。プラズマCVD法により作製された非晶質Si膜中の水素を除去するため、脱水素工程として、450℃で1時間の熱処理を行なう。

【0038】次に図2に示す、レーザアニール装置(ELA装置)により非晶質Si膜を熔融、結晶化させ、多結晶Si膜を形成する。前記レーザアニール装置は基板を縦横に移動させることができる。非晶質Si膜に対してレーザ光を照射する場合、約160mJ/cm²以上のエネルギー密度で照射することにより、熔融、結晶化が起こり、多結晶Si膜が形成される。本実施の形態ではXeClパルスレーザ(308nm)を用い320mJ/cm²で基板を移動させながら1ヶ所に10回レーザ光を照射した。

【0039】上記の結晶化工程において、レーザ光の照

射エネルギー密度の強弱により、形成される多結晶半導体膜の特性が異なり、実際に非晶質半導体膜に照射されるレーザ光の強度が設定値からのズレた場合に半導体膜の特性差が生じる。前記半導体膜を用いてTFTおよび液晶ディスプレイを作製した場合に、前記特性差から動作不良や画面輝度ムラ等不具合を生じるので、半導体膜の特性差を無視することはできない。図1にポリSi膜移動度のレーザアニール照射強度依存性のグラフを示す。図1a)はポリSi単膜のホール移動度、図1b)はTFT電界効果移動度のレーザアニール照射強度依存性のグラフである。

【0040】従来のレーザアニール装置は、図2に示すように、レーザ本体2から出射されたレーザ光5は、光減衰器4、光均一化装置6、光整形用光学系7を通り、基板12近くへ到達する。基板12は減圧雰囲気中で照射することが好ましいので、真空チャンバ10内に置かれている。チャンバ10には、紫外レーザ光5を入射するための石英ウィンドウ11が設置されている。チャンバ10に到達したレーザ光5は、入射ウィンドウ11を通して、基板12に照射される。

【0041】レーザアニール装置には、設置面積を小さくするため、数個の折り返しミラー1が用いられているが、本発明のレーザアニール装置(図3)では、レーザ光を折り返すミラーとして、レーザ光の強度の一定の割合を透過するミラー14を用い、ミラーを透過したレーザ光の強度を測定するパワーモニタ15を設けた。これにより、実際に基板に対して、照射中にレーザ光の強度変動を測定できるようになった。

【0042】また、パワーモニタ15を設置する位置は、すべての折り返しミラーの位置で設置することが可能であるが、光減衰器がレーザパワー変動要因の大きな要素であるので、光減衰器より後の折り返しミラーの位置に設置することが好ましい。

【0043】長時間レーザ照射を続けた場合のパワーモニタの測定値を示すグラフを図4に示す。パワーモニタの測定値の1分間の平均値が設定値から1%以上ずれた場合、光減衰板(アッテネータ)の角度を調整し、設定値の光量が得られるよう再調整を行なうようにして、レーザアニールを行なった。

【0044】従来の装置(図2)ではチャンバウィンド上でのレーザ強度の設定値からのズレは3時間で6%程度であったと推定されるが、本実施の形態の装置(図3)を用いることによりレーザ強度の設定値からのズレはパワーモニタの位置で1.5%以下、トータルの推定は4%程度となり、作製されたポリSi単膜特性の基板間安定性(バラツキ)が従来の $21\text{cm}^2/\text{VS}$ から $17\text{cm}^2/\text{VS}$ に改善された。

【0045】また、レーザ光の強度をモニターする手法として、以下の方法を用い、同様の効果があった。レーザ光の光路に入射光の一部を反射するを設置し、ミラー

を反射したレーザ光の強度を測定するパワーモニタを設け、レーザ照射強度の変動を測定できるようにした。

【0046】(実施の形態2)以下本発明の実施の形態2におけるレーザアニール装置について説明する。

【0047】まず、実施の形態1と同様にして、ガラス基板上にSiO₂下地膜を成膜する。次にプラズマCVD法により、たとえば膜厚が50nmの非晶質Si膜を成膜する。次に脱水素のための熱処理を行なった。

【0048】実施の形態1と同様にして、 $320\text{mJ}/\text{cm}^2$ のエネルギー密度でレーザ光を照射し、非晶質Si膜の結晶化を行なった。

【0049】レーザアニール装置(図2)は、実施の形態1と同様に、レーザ本体2から出射されたレーザ光5は、光減衰器4、光均一化装置6、光整形用光学系7、入射チャンバウィンドウ11を通り基板12に照射される。本発明のレーザアニール装置(図5)は、チャンバ10内部にレーザ光の強度測定機構(パワーモニタ)16を設けた。長時間レーザ照射を続けた場合のパワーモニタ16の測定値を示すグラフを図6に示す。パワーモニタの誤差が1.5%程度あるので、パワーモニタ16の測定値の1分間の平均値が設定値から2%以上ずれた場合、光減衰板4(アッテネータ)の角度を調整し、設定値の光量が得られるよう再調整を行なうようにして、レーザアニールを行なった。

【0050】従来の装置(図2)では基板の位置でのレーザ強度の設定値からのズレは3時間で9%程度であったが、本実施の形態の装置(図5)を用いることによりレーザ強度の設定値からのズレは3%以下となった。図5に長時間レーザ照射を続けた場合のチャンバ内10に設置したパワーモニタ16の測定値を示すグラフ。作製されたポリSi単膜特性の基板間安定性(バラツキ)が従来の $21\text{cm}^2/\text{VS}$ から $10\text{cm}^2/\text{VS}$ に改善された。

【0051】(実施の形態3)以下本発明の実施の形態3におけるレーザアニール装置について説明する。

【0052】まず、実施の形態1と同様にして、ガラス基板上にSiO₂下地膜を成膜する。次にプラズマCVD法により、たとえば膜厚が50nmの非晶質Si膜を成膜する。次に脱水素のための熱処理を行なった。

【0053】実施の形態1と同様にして、 $320\text{mJ}/\text{cm}^2$ のエネルギー密度でレーザ光を照射し、非晶質Si膜の結晶化を行なった。

【0054】レーザアニール装置(図2)は、実施の形態1と同様に、レーザ本体2から出射されたレーザ光5は、光減衰器4、光均一化装置6、光整形用光学系7、入射チャンバウィンドウ11を通り基板12に照射される。

【0055】本発明のレーザアニール装置(図7)は、チャンバ10内に入射したレーザ光5をチャンバ外に取り出すウィンド17を具備し、レーザ光がチャンバを通り抜けた位置にレーザ光の強度を測定する機構(パワー

モニタ)18を設けた。パワーモニタの誤差が0.5%から1%程度あるので、パワーモニタの測定値の1分間の平均値が設定値から1%以上ずれた場合、光減衰板(アッテネータ)の角度を調整し、設定値の光量が得られるよう再調整を行なうようにして、レーザアニールを行なった。

【0056】従来の装置(図2)ではレーザ強度の設定値からのズレは3時間で9%程度であったと推定されるが、本実施の形態の装置(図7)を用いることによりレーザ強度の設定値からのズレは2.5%以下となり、作製されたポリSi単膜特性の基板間安定性(バラツキ)が従来の21cm²/VSから9cm²/VSに改善された。

【0057】また、上記のレーザ強度測定値を利用して、光減衰板角度調整を行なう作業を自動化した。光減衰板角度が大きくなると、透過率が増加する光減衰板を用い、測定レーザ強度が設定値より小さい場合角度を大きくする、また測定レーザ強度が設定値より大きい場合は角度を小さくするように制御を行なった。さらに、測定レーザ強度の設定値からのズレの大きさに対応して角度の調節幅を変化させるようにした。この自動レーザ強度調整により、照射エネルギー密度の調整がすばやく行なえるようになり、また、人が作業および判断することによる不確実さが排除され、レーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを減少させた。また、照射強度調整に2分要していたが、自動調整を導入することにより、30秒に短縮され、全体のタクト(1枚の基板を処理するための時間)は6分から4分30秒に短縮された。

【0058】(実施の形態4)以下本発明の実施の形態4におけるレーザアニール装置について説明する。

【0059】まず、実施の形態1と同様にして、ガラス基板上にSiO₂下地膜を成膜する。次にプラズマCVD法により、たとえば膜厚が50nmの非晶質Si膜を成膜する。次に脱水素のための熱処理を行なった。

【0060】実施の形態1と同様にして、320mJ/cm²のエネルギー密度でレーザ光を照射し、非晶質Si膜の結晶化を行った。

【0061】レーザアニール装置(図2)は、実施の形態1と同様に、レーザ本体2から出射されたレーザ光5は、光減衰器4、光均一化装置6、光整形用光学系7、入射チャンバウィンドウ11を通り基板12に照射される。

【0062】本発明のレーザアニール装置(図8)は、チャンバ10内に入射したレーザ光5をチャンバ外に取り出すウィンド17を具備し、レーザ光5がチャンバ10内に入射し、基板12に照射され、レーザ光の一部が基板を透過する。基板12を透過したレーザ光は、チャンバ外に取り出すウィンド17を通して、レーザ光がチャンバを通り抜けた位置に設けたパワーモニタ18によりレーザ光の強度を測定する。

【0063】パワーモニタ18の誤差が1%程度あるの

で、パワーモニタ18の測定値の1分間の平均値が設定値から1.5%以上ずれた場合、光減衰板(アッテネータ)の角度を調整し、設定値の光量が得られるよう再調整を行なうようにして、レーザアニールを行なった。

【0064】従来の装置(図2)ではレーザ強度の設定値からのズレは3時間で9%程度であったと推定されるが、本実施の形態の装置(図8)を用いることによりレーザ強度の設定値からのズレは2%以下となり、作製されたポリSi単膜特性の基板間安定性(バラツキ)が従来の21cm²/VSから7cm²/VSに改善された。

【0065】実施の形態3と比較してパワーモニタの誤差が大きいののは、受光する光量が小さくなるためである。にもかかわらず、レーザ強度の設定値からのズレを減少させることができるのは、実施の形態3においては、実際に基板に照射する前に、事前確認として、レーザ光のパワーを測定するのに対し、本実施の形態では、実際に基板に照射中のレーザ光の強度をモニタすることができるからである。つまり、事前のパワー確認時と実際の照射時では、微妙にレーザ照射強度がずれることがある。

【0066】また、上記のレーザ強度測定値を利用して、光減衰板角度調整を行なう作業を自動化した。光減衰板角度が大きくなると、透過率が増加する光減衰板を用い、測定レーザ強度が設定値より小さい場合角度を大きくする、また測定レーザ強度が設定値より大きい場合は角度を小さくするように制御を行なった。さらに、測定レーザ強度の設定値からのズレの大きさに対応して角度の調節幅を変化させるようにした。

【0067】(実施の形態5)以下本発明の実施の形態5におけるレーザアニール装置について説明する。

【0068】まず、実施の形態1と同様にして、ガラス基板上にSiO₂下地膜を成膜する。次にプラズマCVD法により、たとえば膜厚が50nmの非晶質Si膜を成膜する。次に脱水素のための熱処理を行なった。

【0069】実施の形態1と同様にして、320mJ/cm²のエネルギー密度でレーザ光を照射し、非晶質Si膜の結晶化を行った。

【0070】レーザアニール装置(図2)は、実施の形態1と同様に、レーザ本体2から出射されたレーザ光5は、光減衰器4、光均一化装置6、光整形用光学系7、入射チャンバウィンドウ11を通り基板12に照射される。

【0071】照射されたレーザ光の一部は基板から反射される20。本発明のレーザアニール装置(図9)は、基板からの反射光20を受光できるようにパワーモニタ21を設置した。従来はレーザ光5が基板12へ垂直に入射する構成であったが、本実施の形態のレーザアニール装置では、反射光20を受光しやすいように10度傾けて入射する構成となっている。

【0072】パワーモニタ21の誤差が1%程度あるの

で、パワーモニタの測定値の1分間の平均値が設定値から1.5%以上ずれた場合、光減衰板(アッテネータ)の角度を調整し、設定値の光量が得られるよう再調整を行なうようにして、レーザアニールを行なった。

【0073】従来の装置(図2)ではレーザ強度の設定値からのズレは3時間で9%程度であったと推定されるが、本実施の形態の装置(図9)を用いることによりレーザ強度の設定値からのズレは2%以下となり、作製されたポリSi単膜特性の基板間安定性(バラツキ)が従来の $21\text{cm}^2/\text{VS}$ から $7\text{cm}^2/\text{VS}$ に改善された。

【0074】実施の形態4と同様に実際の基板照射時のパワー変動をモニターすることができる。また、実施の形態4における装置と比較して、装置の構造が比較的単純で、非晶質Siの膜厚が60nm以上に厚くなると、ほとんど透過光がなくなり、透過光をモニターすることが不可能になるが、反射光の場合は可能であるという効果がある。

【0075】また、チャンバウィンドウ11の汚染による透過率低下で、反射光の光量測定に影響が出ることが懸念されるが、チャンバウィンドウ11の汚染は、基板へのレーザ光照射によるSiの一部が蒸発し、ウィンドウ11表面で紫外レーザ光と再反応して起こる。よって、チャンバウィンドウ11の反射光の光路にあたる部分には、反射した弱い光があたるだけなので、ほとんど透過率の変動は起こらない。チャンバ10内にパワーモニタを設置すると、パワーモニタ自体が汚染される可能性があるため、チャンバ外に設置する方が好ましい。

【0076】また、上記レーザ照射時における反射光の光量測定値を設定値から1.5%で光減衰板4またはレーザ本体2の電極間電圧(HV)に対してフィードバック制御を行なった。この装置の構成図を図10に示す。従来の装置(図2)ではレーザ強度の設定値からのズレは3時間で9%程度であったと推定されるが、本実施の形態の装置(図10)を用いることによりレーザ強度の設定値からのズレは2%以下となり、作製されたポリSi単膜特性の基板間安定性(バラツキ)が従来の $21\text{cm}^2/\text{VS}$ から $7\text{cm}^2/\text{VS}$ に改善された。

【0077】また、本実施の形態で使用したレーザはエキシマレーザであり、レーザ本体にはベッセル中にXeClガスが充填され、電極に電圧を加えることにより、プラズマ放電を起こし、共振ミラー間の反射を利用して、レーザ光を発するものである。このレーザは前記の電極間電圧を調整することにより、レーザ強度を調節することができる。上記のレーザ強度測定値を利用して、レーザ本体のプラズマ放電させるための電極間電圧調整を行なう作業を自動化した。測定レーザ強度が設定値より小さい場合、電極間電圧を高くする。角度を大きくする、測定レーザ強度が設定値より大きい場合は電極間電圧を低くするように制御を行なった。さらに、測定レーザ強度の設定値からのズレの大きさに対応して角度の調

節幅を変化させるようにした。この自動レーザ強度調整により、照射エネルギー密度の調整がすばやく行なえるようになり、また、人が作業および判断することによる不確かさが排除され、レーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを減少させた。また、タクトが短縮された。

【0078】(実施の形態6)以下本発明の実施の形態6におけるレーザアニール装置について説明する。

【0079】まず、実施の形態1と同様にして、ガラス基板上にSiO₂下地膜を成膜する。次にプラズマCVD法により、たとえば膜厚が50nmの非晶質Si膜を成膜する。次に脱水素のための熱処理を行なった。

【0080】実施の形態1と同様にして、 $320\text{mJ}/\text{cm}^2$ のエネルギー密度でレーザ光を照射し、非晶質Si膜の結晶化を行った。

【0081】レーザアニール装置(図2)は、実施の形態1と同様に、レーザ本体2から出射されたレーザ光5は、光減衰器4、光均一化装置6、光整形用光学系7、入射チャンバウィンドウ11を通り基板12に照射される。

【0082】また、従来の装置では、レーザ光の場所的な強度分布を測定する装置23(ビームプロファイラ)が、チャンバウィンドウ直前の位置に設置されており、レーザ光がパルス光で高い周波数たとえば300Hzで照射されている場合でも、ビームプロファイラは、低い周波数たとえば15Hzで測定されていた。

【0083】本実施の形態の装置の一例を図11および図12に示した、本実施の形態のレーザアニール装置は以下の特徴を備える。

【0084】1)プロファイル測定機構23を適切な場所に配置した。たとえばチャンバ10内部あるいはチャンバに入射したレーザ光をチャンバ外に取り出された場所に配置した。これによりチャンバウィンドウの透過率分布や透過率分布の変動をモニターすることができるようになった。また、チャンバ内部の基板上面と同一の場所で同じ高さにビームプロファイラ24を設置することで、より正確なビームプロファイルを得ることができるようになった(図11)。

【0085】2)実際に基板を照射するときの周波数と同一の周波数で測定することのできるビームプロファイラ26を設置した。従来の装置では、ビームプロファイル測定周波数と実際の照射時の周波数が異なっていたため、周波数の高低で熱量が変化することによる光減衰器4、光均一化装置6、光整形用光学系7、入射チャンバウィンドウ11の透過や反射率が変わってしまう現象があったが、この問題を解消した。

【0086】3)実際に基板を照射している最中にプロファイル測定機構を設けた。たとえばレーザ光の光路に入射光の一部を反射するミラー25を設置し、ミラーを反射したレー

ザ光の強度の場所的分布を測定するビームプロファイラ26を設置した。これにより、事前確認として、ビームプロファイラを測定する方法と比較して、より正確なビームプロファイルを得ることが可能となった(図12)。

【0087】4) また、上記1) から3) のビームプロファイラを用いて得られたプロファイル情報、特にビームの幅あるいは半値幅の情報とパワーモニタによって得られたレーザ光の強度の情報をを用いて、レーザ光のエネルギー密度を計算し、この値を設定値になるようにレーザ光の強度または幅を制御することにより、レーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを大幅に減少させた。

【0088】5) 4) の方式により得られた、レーザ光のエネルギー密度を元に、光減衰器またはレーザ本体の電極間電圧に対してフィードバック制御を行ない、レーザ光の強度を調節した。または、レーザ光の幅を決めるスリット幅に対してフィードバック制御を行なった。これらのフィードバック制御により、レーザ光のエネルギー密度をさらに安定化させた(図12)。

【0089】従来の装置(図2)ではレーザエネルギー密度の設定値からのズレは3時間で9%程度であったと推定されるが、本実施の形態の装置(図12)を用いることによりレーザエネルギー密度の設定値からのズレは1.5%以下となり、作製されたポリSi単膜特性の基板間安定性(バラツキ)が従来の $21\text{cm}^2/\text{VS}$ から $6\text{cm}^2/\text{VS}$ に改善された。

【0090】(実施の形態7) 以下本発明の実施の形態7における薄膜トランジスタ(TFT)の製造方法について説明する。本実施の形態におけるTFTの製造方法を説明する図を図13に示す。

【0091】まず、実施の形態1と同様に、ガラス基板27上に SiO_2 下地膜を成膜する。次にプラズマCVD法により、たとえば膜厚が50nmの非晶質Si膜28を成膜する。

【0092】a-Si成膜の時点でガラス基板の一部、たとえば周辺部には成膜しない領域29を残しておいて、上述したレーザ照射時の照射強度の補正に使用する。

【0093】次の工程として、実施の形態1と同様に、 $320\text{mJ}/\text{cm}^2$ のエネルギー密度でレーザ光5を照射し、非晶質Si膜28の結晶化を行った。

【0094】レーザアニール装置(図2)は、実施の形態1と同様に、レーザ本体2から出射されたレーザ光5は、光減衰器4、光均一化装置6、光整形用光学系7、入射チャンバウィンドウ11を通り基板12に照射される。

【0095】本発明のレーザアニール装置(図12)は、チャンバ10内に入射したレーザ光をチャンバ外に取り出すウィンド17を具備し、レーザ光がチャンバ

0を通り抜けた位置にレーザ光の強度を測定する機構18(パワーモニタ)およびを設けた。また、レーザ照射時に基板を設置する台の全部または一部が、たとえば石英やガラスなどの光を透過する材質により構成されている。

【0096】また、レーザ光の光路に入射光の一部を反射するミラー25を設置し、ミラーを反射したレーザ光の強度の場所的分布を測定するビームプロファイラ26を設置した。

10 【0097】まず、基板12を設置せずにレーザ光5を照射する。パワーモニタ18によるレーザ光強度測定値とプロファイラ26によるビーム強度半値幅から計算されるエネルギー密度が自動的に設定値になるようレーザ光強度を調節する。次に基板12を設置し、結晶化のためのレーザ光照射を開始する。上記パワーモニタ18より得られたレーザ光強度およびビームプロファイラ26より得られたレーザ光の幅の情報から、自動的に随時レーザ光のエネルギー密度を計算する。レーザ光エネルギー密度が設定値になるよう、レーザ照射を行ないながら、光減衰器4に対して、フィードバック制御を行ない、安定化させた。パワーモニタ18およびプロファイラ26の誤差が1%程度あるので、設定値から1.5%以上ずれた場合、光減衰器(アッテネータ)の角度を調整し、設定値のレーザ光のエネルギー密度が得られるようなフィードバック制御をして、レーザアニールを行なった。

【0098】結晶化工程後、多結晶Si膜には、多数のダングリングボンドが形成されているので、水素プラズマ中で、例えば 450°C 、2時間放置する。

30 【0099】以下、従来のTFTと同様に下記の工程を経る。

【0100】まずフォトリソとドライエッチングにより多結晶Si層をパターニングする。次に、例えばTEOS CVD法により SiO_2 をゲート絶縁膜として必要な膜厚、例えば100nm成膜する。次にアルミニウム膜をスパッタリングし、エッチングにより所定の形状にパターニングして、ゲート電極を形成する。その後、イオンドーピング装置により、ゲート電極をマスクとしてソースおよびドレイン領域に必要な種類のドーパントを注入する。さらに、酸化Siからなる層間絶縁膜を常圧CVD法にて成膜し、ゲート絶縁膜を覆い、エッチングにより、層間絶縁膜および酸化Si膜に多結晶Si膜のソース領域またはドレイン領域に達するコンタクトホールを開口する。次に、チタン膜およびアルミニウム膜をスパッタリングし、エッチングにより所定の形状にパターニングして、ソース電極およびドレイン電極を形成する。

50 【0101】従来のレーザアニール装置(図2)を用いたプロセスではレーザエネルギー密度の設定値からのズレは9%程度であったと推定されるが、本実施の形態の装置(図12)を用い、上記のプロセスでTFTを作製

することによりレーザエネルギー密度の設定値からのズレが1.5%以下となり、作製されたポリSi単膜特性の基板間安定性(バラツキ)が従来の $21\text{cm}^2/\text{VS}$ から $6\text{cm}^2/\text{VS}$ に改善され、TFT特性の基板間安定性(バラツキ)が従来の $47\text{cm}^2/\text{VS}$ から $19\text{cm}^2/\text{VS}$ に改善された。

【0102】また、上記の例では、基板周辺部の非晶質Si膜がない部分を利用したが、別のレーザ照射安定化方法を示す。非晶質Si膜成膜後、フォトリソ工程およびドライエッチング工程により、TFTに必要な部分を残し、a-Siを除去し、パターンを形成する。次に脱水素のための熱処理を行なった。

【0103】この後、上記と同様のレーザアニール装置を用い、結晶化する。レーザ光を基板に照射した場合の、透過率はa-Siパターンに対応して決定する。上記と同様にプロファイルとパワーの情報をフィードバックし、安定したエネルギー密度のレーザ光を照射する。以下TFT製造のプロセスにおいて、Siのパターンはすでに形成されているので、その工程を除いて、同様に形成する。

【0104】また、上記のプロセスでは、a-SiのTFT用のパターンを形成したが、レーザを透過させる目的のみのパターンを形成してもよい。この場合、専用のSiのパターンを準備できるので、透過率が安定し、レーザ光強度の測定精度が高まる。

【0105】

【発明の効果】レーザアニール装置に対して、詳細にレーザ強度とプロファイルを測定する機構を導入した。また、レーザ強度とプロファイルをフィードバック制御し、レーザ強度とレーザ光の幅をコントロールすることにより、非晶質半導体膜に照射されるレーザ光のエネルギー密度の設定値からのズレを大幅に減少させた。これにより、TFT特性が安定し、製造の歩留まりが向上した。

【0106】また、レーザ光の強度と幅の測定値から照射強度を調整する機構を自動化し、タクトが向上した。また、レーザ光の強度と幅の測定値から照射強度を調整する機構にフィードバック制御を導入することにより、照射時のレーザ強度の安定性が向上し、TFT特性のバラツキ減少、歩留まり向上の効果があつた。

【0107】非晶質Si膜成膜時に非晶質Si膜がない部分を残し、基板を透過したレーザ光の強度と幅を基板への照射中に測定できるレーザアニール装置を用いる薄膜トランジスタの製造方法とすることにより、結晶化工程におけるレーザ照射のエネルギー密度のバラツキが、従来の9%から1.5%に抑えることができ、TFT特性のバラツキ減少、歩留まり向上の効果があつた。

【図面の簡単な説明】

【図1】ポリSi膜移動度のレーザアニール照射強度依存性を示すグラフ

【図2】従来のレーザアニール装置の構成図

【図3】本発明の実施の形態1におけるレーザアニール装置の構成図

【図4】実施の形態1に記載の長時間レーザ照射を続けた場合のパワーモニタの測定値を示すグラフ

【図5】本発明の実施の形態2におけるレーザアニール装置の構成図

【図6】実施の形態2に記載の長時間レーザ照射を続けた場合のチャンバ内に設置したパワーモニタの測定値を示すグラフ

【図7】本発明の実施の形態3におけるレーザアニール装置の構成図

【図8】本発明の実施の形態4におけるレーザアニール装置の構成図

【図9】本発明の実施の形態5に記載の反射光の光量を測定するレーザアニール装置の構成図

【図10】本発明の実施の形態5に記載のフィードバック制御を行なうレーザアニール装置の構成図

【図11】本発明の実施の形態6におけるレーザアニール装置の構成図

【図12】本発明の実施の形態6および7における基板照射中にビームプロファイルを測定することができるレーザアニール装置の構成図

【図13】本発明の実施の形態7におけるTFTの製造方法を説明する図

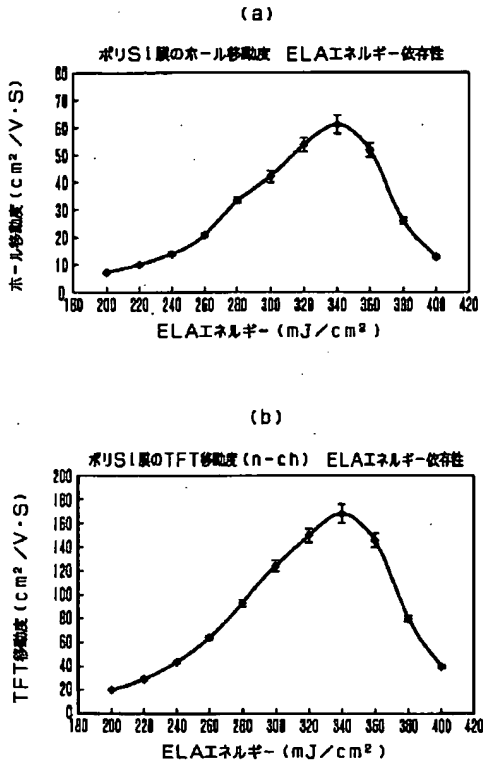
【符号の説明】

- 1 反射ミラー
- 2 レーザ装置
- 3 レーザ本体内膜パワーモニタ
- 4 光減衰板(アッテネータ)
- 5 レーザ光
- 6 光均一化装置(ホモジナイザー)
- 7 光整形用光学系
- 8 パワーモニタ
- 9 可動式反射ミラー
- 10 真空チャンバ
- 11 レーザ光入射用チャンバーウィンドウ
- 12 基板
- 13 真空ポンプ
- 14 光の一部を透過する反射ミラー
- 15 パワーモニタ
- 16 チャンバ内パワーモニタ
- 17 レーザ光出射用チャンバーウィンドウ
- 18 パワーモニタ
- 19 光減衰板自動調整装置
- 20 基板に反射されたレーザ光
- 21 反射光の光量を測定するパワーモニタ(光量計)
- 22 レーザ光出射強度自動調整装置
- 23 ビームプロファイラ(レーザ光強度分布測定装置)
- 24 チャンバ内に設置したビームプロファイラ

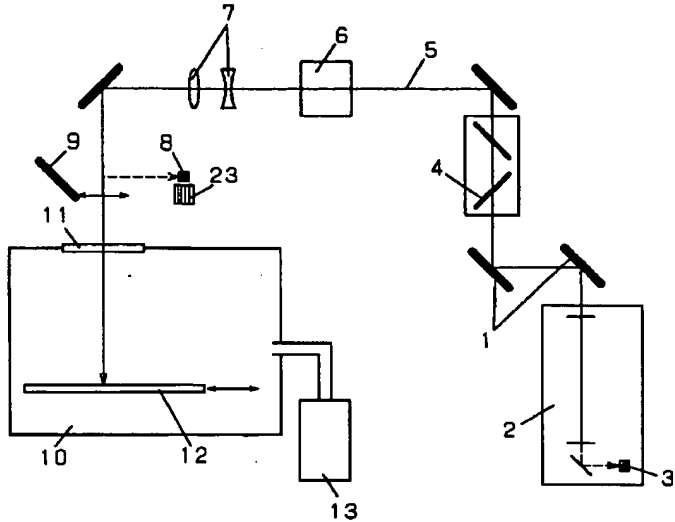
- 25 光の一部を反射するミラー
26 ビームプロファイラ
27 ガラス基板

- 28 非晶質Si膜
29 非晶質Si膜を成膜しなかった部分(下地SiO₂膜)

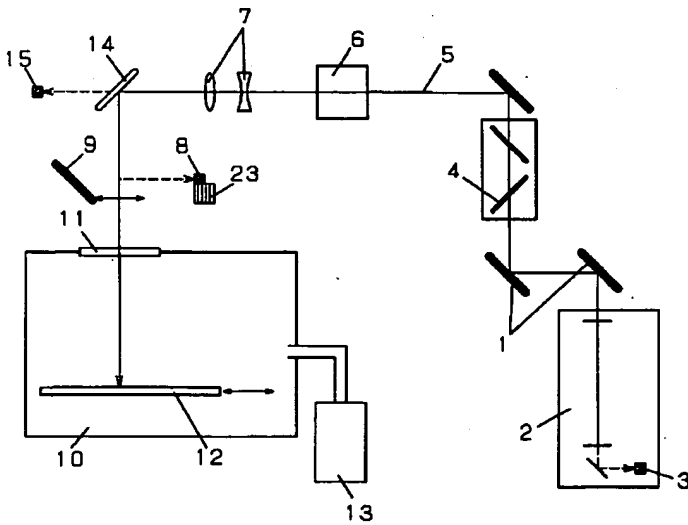
【図1】



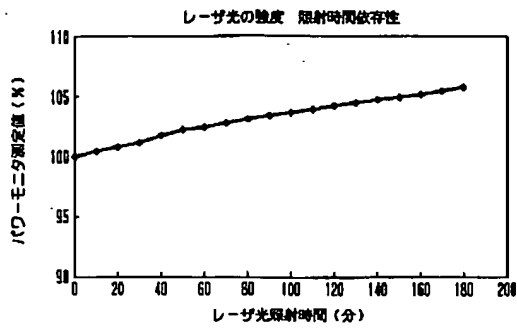
【図2】



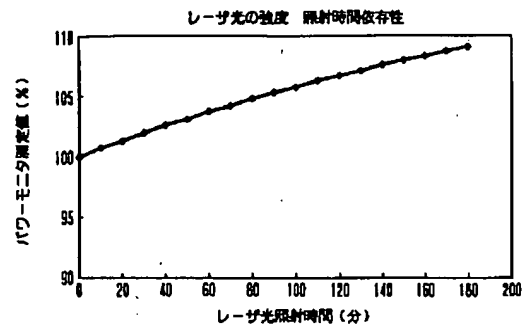
【図3】



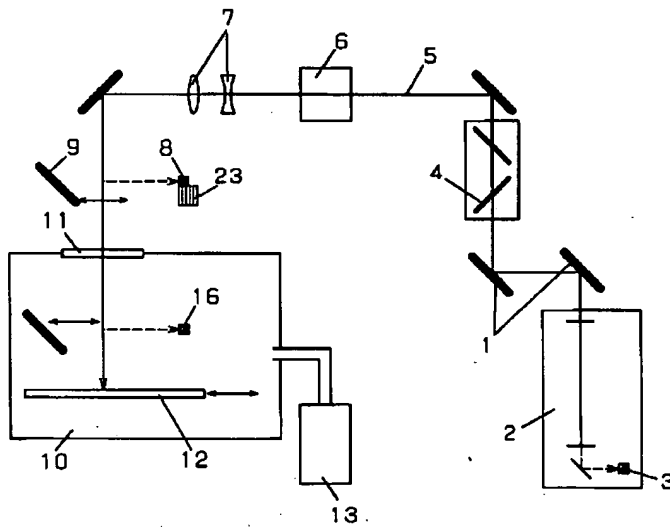
【図4】



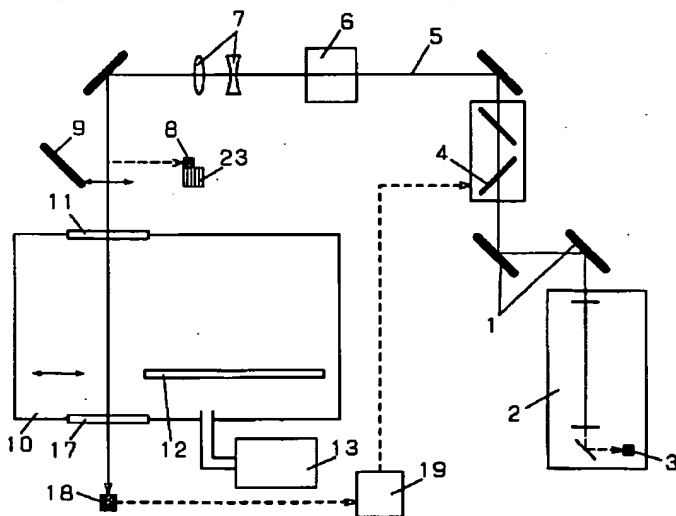
【図6】



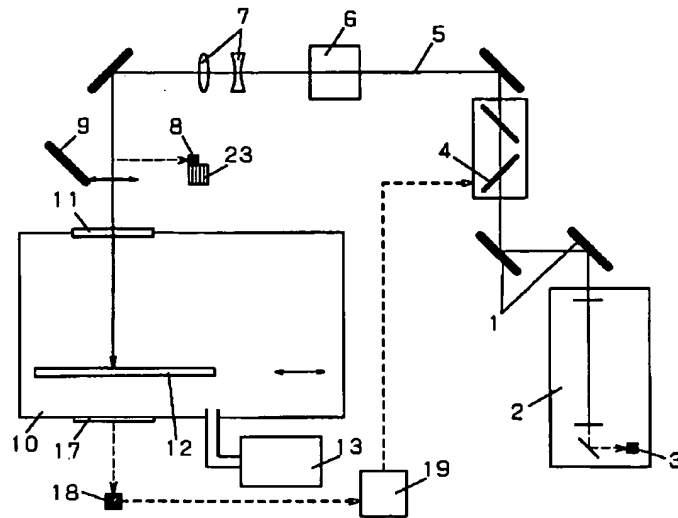
【図5】



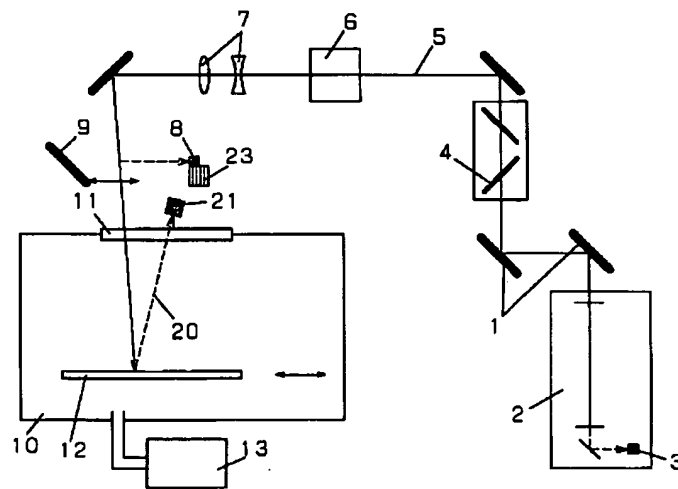
【図7】



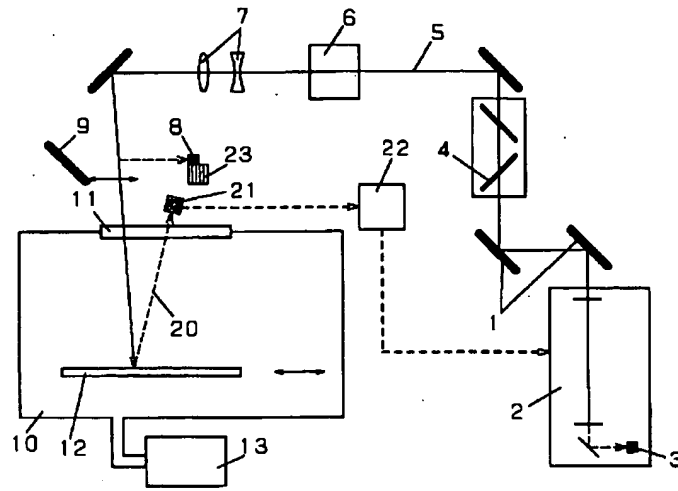
【図8】



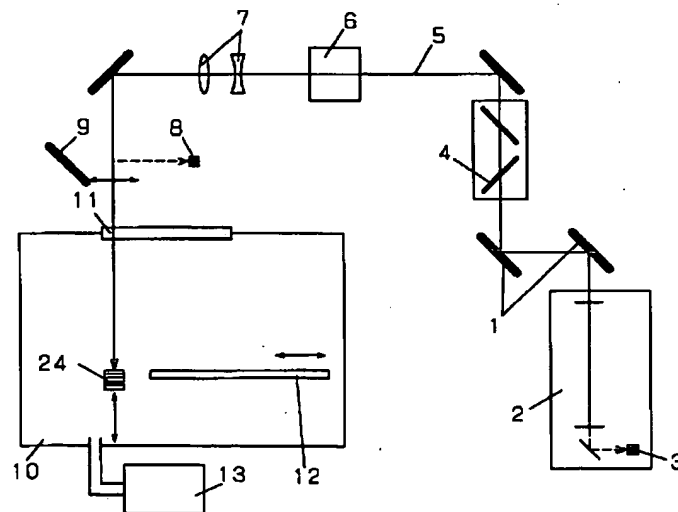
【図9】



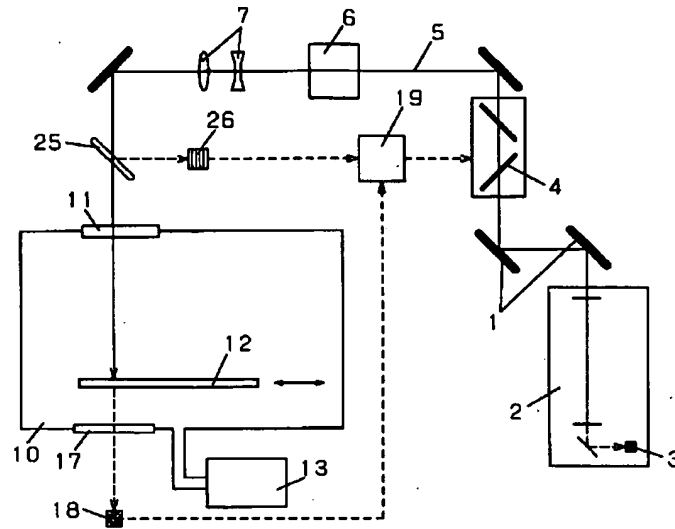
【図10】



【図11】

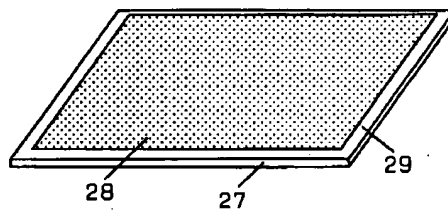


【図12】



【図13】

(a)



(b)

